Hyden, H. 1963. *Biochemical and functional interplay between neuron and glia.* Recent advances. Biol. Psychiat., 6, 31-54.

— S. Lovtrup and A. Pigon, 1958. *Cytochrome oxidase and succinoxidase activities in spinal ganglion cells and in glial capsule cells.* J. Neurochem., 2, 304-311.

— and A. Pigon, 1960. *A cytophysiological study of the functional relationship between oligodendroglia cells and nerve cells of Deiter's nucleus.* J. Neurochem., 6, 57-72.

— and P. Lange, 1961. *Differences in the metabolism of oligodendroglia and nerve cells in the vestibular area.* Proc. IV internat. neurochem. Symposium, Varese 1960. Pergamon Press, 190-199.

Konecki, J. 1967. *Histochemical changes in motor neurones of the mouse spinal cord as affected by compulsory motor activity.* Folia Histochem. et Cytochemica (Krakow) 5, 79-112.

Kulenkampff, H. 1952. *Das Verhalten der Neuroglia in den Vorderhörnern des Rückenmarks der weissen Maus unter dem Reiz physiologischer Tätigkeit.* Ztschr. Anat., 116, 304-312.

Martin du Pan, R., B. Koechli et R. Colman, 1963. *Etude de l'effet de la fatigue sélective sur la poliomyélite.* IX Symposium Assoc. Europ. contre la poliomyélite, Stockholm, 9, 439-446.

Marzycki, J. and Z. Kawecki, 1955. *Influence of work on the course of experimental infection with poliomyelitis of the Lansing type.* Bull. Inst. Mar. Trop. Med. Gdansk, 6, 230-232.

Mejbaum, W. 1939. *Über die Bestimmung kleiner Pentosemengen.* Z. Physiol. Chem., 258, 117-120.

Ogur, M. and G. Rosen, 1950. *The nucleic acids of plant tissue. The extraction and estimation of desoxypentose nucleic acid and pentose nucleic acid.* Arch. of Biochem., 25, 262-276.

Pellegrini, U. 1955. *Influenza della fatica sull'infezione sperimentale del topino da virus poliomielitico.* Igiene Moderna, 42, 762-774.

Schmidt, G. and S. J. Thannhauser, 1945. *A method for the determination of DNA, RNA and phosphoproteins in animal tissues.* J. Biol. Chem., 161, 83-89.

Schneider, W. C. 1945. *Extraction and estimation of desoxypentose nucleic acid and pentose nucleic acid.* J. Biol. Chem. 161, 293-303.

N° 54. **Hans Mislin,** Mainz. — Erregungsleitung und Erregungsausbreitung in der Vena portae der weissen Maus *(Mus musculus f.alba).* (Mit einer Tabelle und 4 Textabbildungen)

Bekanntlich ist die intramurale Erregungsleitung in Blutgefässen, z. B. Arterien diverser Säuger, erheblich langsamer als in Arbeitsmuskeln des Herzens (300-500 mm/s) oder in Schrittmachergeweben (3000-5000 mm/s). Während M. Monnier (1944) [1] an ausgeschnittenen Rinderarterien auffallend niedrige

Werte für Erregungsgeschwindigkeiten (0,7-3,3 mm/s) gemessen hatte, fanden wir bei aktiv-pulsierenden Flughautvenen der Chiroptera, Erregungsgeschwindigkeiten zwischen 14 und 70 mm/s [2] und bei Portalvenen der Maus Werte bis zu 94,9 mm/s. Für diese beiden autonomen Venen sind ausgesprochene Herzeigenschaften typisch. Wir nennen: Autonome Fähigkeiten der Gefäßkoordination und Synchronisation, ubiquitäre Erregungsbildung mit Spontanrhythmik. Auch von der Strukturseite sind für diese Hilfsherzen cardiale zytologische Verhältnisse zu erwähnen: Mitochondrienreichtum in den längsverlaufenden Muskelfasern der Adventitia und adrenerge Innervation der Gefäßwand (Portalvene der Ratte) [3]. Bekanntlich erfolgt die Fortpflanzung der Erregung von Punkt zu Punkt einer erregten Muskelfaser und verläuft bei der intramuralen Erregungsleitung in beiden Richtungen. Ob sie vorallem durch die kontraktilen Muskelelemente, oder auch durch nervöse Strukturen erfolgt, bleibt meist eine offene Frage.

Methodik

Zur Ermittlung der Erregungsausbreitung wurden an der isolierten Vena portae [4] vier Pt-Aspirationselektroden zur Ableitung des Aktionsstroms verwendet. Diese befanden sich jeweils beidseitig des Gefäßes. Es wurde darauf geachtet, daß die Elektroden in ihrer Lage in bestimmter Beziehung zu einander standen (vergleiche hierzu Tabelle 1). Als Regel ergab sich, daß die Erregungsausbreitung zwischen zwei Ansaugstellen gleich blieb, wenn die Ableitelektroden bei unveränderter Lage belassen wurden.

Beim Vergleich mit vier Ableitelektroden (jeweils zwei in der Lage vergleichbare Elektrodenpaare) waren meistens sowohl Erregungsgeschwindigkeit wie auch Erregungsrichtung verschieden. Solche Erregungsverhältnisse, die im Verlaufe eines Versuches für ein Gefäß typisch waren, änderten dann bei einem andern Gefäß, wobei sowohl Erregungsleitungsgeschwindigkeit, wie auch Erregungsrichtung verschieden, d. h. entgegen gerichtet sein können.

Versuchsergebnisse bei drei Ableitpositionen

1. Elektroden-Position:

Je zwei proximal und distal am Gefäß sich gegenüber liegende Elektroden bei maximalem Abstand von einander (3,4 mm). Versuchsreihe A: bei unveränderter Lage der Elektroden, Versuchsreihe B: bei Schrittweiser Annäherung des proximalen bzw. distalen Elektrodenpaares, bis zu einem Abstand von 0,2 mm. Zur Ermittlung der Erregungsleitungsrichtungen wurden die elektrischen Aktivitäten sowohl in der Längsrichtung als auch in der Querrichtung der Portalvene, bei je zwei Ableitstellen registriert.

Erregungsausbreitung in der Vena portae (Mus musculus). Lage der Ableitungselektroden und Erregungsrichtungen. (Schema)

Elektrodenlage	Unveränderte Elektrodenlage	Elektrodenlage	Veränderte Elektrodenlage
I. Je zwei Elektroden gegenuber proximal 3 1 4 2 distal	a, b, c, d, e	IV.	a, b, c, d, e, f, g, h
II. Elektroden auf gleichem Querschnitt 3 1 4 2	a 4-3-1-2 b 4-3-1-2 c 4-3-1-2 d 4-3-1-2	V.	a 4-3-1-2 b 4-3-1-2 c 4-3 1-2
III. Elektroden auf Medianer 3 1 4 2	a, b, c	VI.	a, b

TABELLE 1.

1 bis 4 Aspirationselektroden
a bis g Einzelfälle für gefundene Erregungsrichtungen
proximal: Einbindungsstelle der Kanüle
distal: Abbindungsstelle der Portalvene
Pfeile: Erregungsrichtungen = bedeutet Gleichzeitigkeit des Aktionsstromes

Versuchsreihe A: Wir finden beidseitige Erregungsrichtung proximal-distal und distal-proximal. Die Erregungsgeschwindigkeit ist auch beidseitig verschieden. Die ermittelten Erregungsrichtungen gelten ebenso für die Gefäß-Längsachse, wie für die Gefäß-Querachse. Weiter ergibt sich eine konstante Erregungsleitungsgeschwindigkeit zwischen je zwei Ableitstellen, bei gegebener Leitungsge-

Evg von 4 Ableitstellen
je 2 gegenüberliegend
f/'
1
2
3
4
50
Vena portae, isol.
Mus mus. f. alb.
38°C
1sec

Abb. 1.

Elektrodenabstand: 1 bis 3, bzw. 2 bis 4 = 1,97 mm
Erreguntsablauf: 1 → 2 → 3 → 4
Elektrodenlage: proximal 1 gegenüber 3
distal 2 gegenüber 4

schwindigkeit. Mehrmals fanden wir gleichzeitige elektrische Aktivität an zwei entsprechenden Ansaugstellen (Abb. 1).

Versuchsreihe B: Nach Änderung der Position zweier sich gegenüber liegenden Elektroden kann es zu einer Änderung der Erregungsrichtung in beiden Gefäßachsen kommen (Abb. 2).

2. Elektroden-Position:

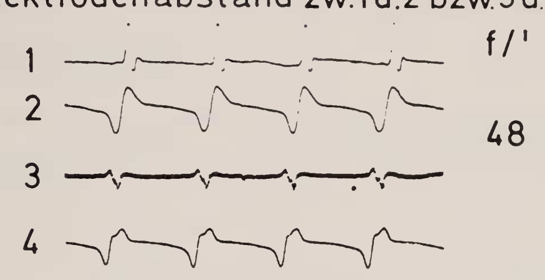
Alle Ableitelektroden liegen auf der Gefäß-Querachse. Der maximale Abstand der mittleren Elektroden beträgt 0,78 mm.

Versuchsreihe A: (unveränderte Elektrodenlage).

Es wurden die elektrischen Aktivitäten zwischen der äusseren und inneren Elektrode ein und derselben Gefäß-Seite und der beiden innen liegenden Elektroden

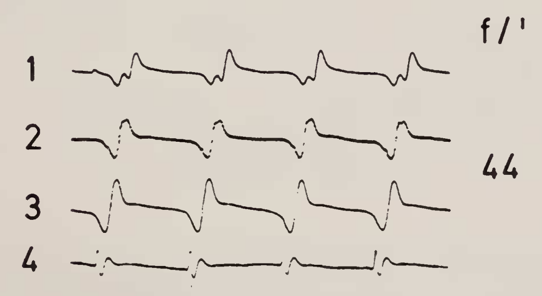
Elektrovenogramm mit beobachteter Erregungsrichtung

a) bei unveränderter Elektrodenlage
(Elektrodenabstand zw. 1 u. 2 bzw. 3 u. 4 = 1,57 mm)



Vena portae, isol. 38°C
Mus mus. f. alb. 1 sec

b) nach Änderung der Elektrodenlage v. 3 u. 4
(Elektrodenabstand zw. 1 u. 2 bzw. 3 u. 4 = 1,28 mm)



Vena portae, isol. 38°C
Mus mus. f. alb. 1 sec

ABB. 2A

Elektrodenabstand: 1 bis 2, bzw. 3 bis 4 = 1,57 mm
Erregungsablauf: 1 → 2 → 4 → 3

ABB. 2B.

Elektrodenabstand: 1 bis 2, bzw. 3 bis 4 = 1,28 mm
Erregungsablauf: 1 → 2 → 3 → 4

miteinander verglichen. Es ergibt sich hinsichtlich der Erregungsausbreitung in der Gefäß-Querachse .

Übereinstimmung mit den Verhältnissen die wir bei der Elektroden-Position la gefunden haben (Abb. 3).

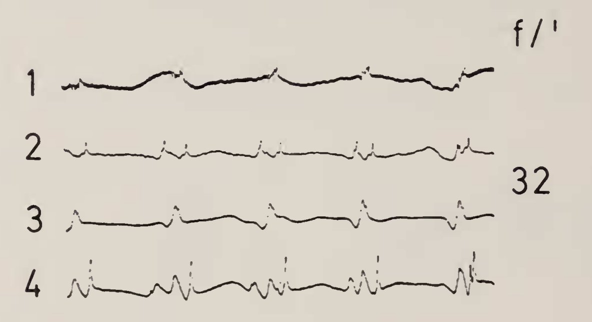


ABB. 3.

Elektrodenabstand: 1 bis 3 = 0,78 mm
Erregungsablauf: 4 → 2 → 1 → 3
Elektrodenlage von
links nach rechts: 4,3,1,2
Elektrodenabstand: 1 bis 4 = 1,5 mm
1 bis 3 = 0,47 mm
3 bis 2 = 0,32 mm

Versuchsreihe B: (veränderte Elektrodenlage).

Auch hier wird Übereinstimmung mit den Verhältnissen der Erregungsausbreitung bei der Elektroden-Position 1b festgestellt.

3. Elektroden-Position :

Alle Ableitelektroden liegen jetzt auf der Mittellinie der Gefäß-Längsachse. Der Abstand zwischen zwei Elektroden beträgt maximal 0,7 mm.

Versuchsreihe A: (unveränderte Elektrodenlage).

Es werden bei dieser Position die elektrischen Aktivitäten der zwei rechts bzw. der zwei links liegenden Elektroden, wie auch der beiden Mittleren miteinander

verglichen. Letztere Elektroden sind in der Tabelle als gestrichelte Pfeile eingetragen. Das Ergebnis stimmt auch hier mit dem Befund bei Elektroden-Position la (Gefäß-Längsachse) überein (Abb. 4).

Versuchsreihe B: (veränderte Elektrodenlage).

Es wird Übereinstimmung mit dem Ergebnis bei Elektroden-Position 1b (Gefäß-Längsachse) gefunden.

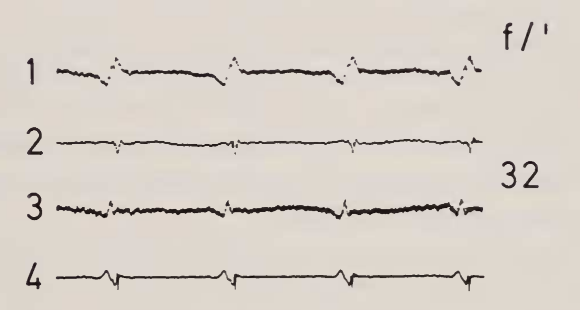


ABB. 4.

Erregungsablauf: 1 = 2 → 4 → 3
Elektrodenlage: Proximal 1
distal 4
dazwischen 2 u. 3

BESPRECHUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Die Befunde an der Portalvene der Maus bringen eine weitgehende Übereinstimmung mit unsern früheren Untersuchungen über die intramurale Erregungsleitung in der Flughautvene und der Frosch-Hohlvene [2]. Die Erregungswelle durchläuft das Gefäß in wechselnder Richtung und zu verschiedenen Zeiten. Regelmäßige und sehr häufige Verschiebungen der Orte der Erregungsbildung sind charakteristisch. Von einem Erregungsfocus aus läuft die Erregungswelle nach verschiedenen Seiten, so daß es möglich ist an zwei in bestimmten Abstand angesaugten Elektroden gleichzeitig übereinstimmende Potentiale abzuleiten. Dies erschwert die Analyse der Erregungsausbreitung natürlich beträchtlich. Wir haben

schon an anderer Stelle [2] darauf hingewiesen, daß eine retrograde Erregungswelle auf das Aktivwerden von unabhängigen Erregungsfoci die gegenläufige periodische Impulse aussenden können, zurückzuführen ist. Im Hinblick auf die auffallenden Unterschiede in den von uns gemessenen intramuralen Erregungsleitungsgeschwindigkeiten bei der Portalvene (1,2 mm/s, 3,9 mm/s, 7,3 mm/s, 10,5 mm/s, 21,6 mm/s, 29,5 mm/s, 42,3 mm/s, 66,1 mm/s, 84,3 mm/s, 94,8 mm/s) scheint es geboten, mit Mikroelektroden (Innenelektroden) das komplexe Erregungsgeschehen dieser Hilfsherzen weiter zu untersuchen. Die hier nachgewiesene vielseitige Erregungsausbreitung in der Wand der Portalvene läßt erkennen, daß dieser Gefäßtypus der Sinus-Organisation relativ nahe steht [5]. Auf eine strukturell-funktionelle Situation sei noch hingewiesen. Es liegt nahe anzunehmen, die Fortpflanzung der Erregung erfolge von Punkt zu Punkt der längsverlaufenden Adventitia-Muskelfasern, aber auch über die zirkulär verlaufenden Media-Fasern mit ihren häufigen Unterbrechungen. Diese strukturellen Unterschiede könnten eventuell eine Rolle spielen bei der Erregungsausbreitung über das Gefäß und das komplizierte Bild der Erregungsausbreitung verständlicher machen. Die Analyse wird mit anderer Methodik fortgesetzt.

Meiner technischen Assistentin und Mitarbeiterin Frau R. Bach habe ich für die experimentelle Durchführung der Arbeit bestens zu danken.

LITERATUR

Monnier, M. 1944. *Erregungsleitung in der Arterienwand.* Helv. physiol. Acta 2, 279.

Mislin, H. 1969. *Vergleichend angiologische Untersuchungen der intramuralen Erregungsleitung in aktivpulsierenden Blutgefäss-Präparaten.* Verhandl. d. Deutsch. Zool. Ges. Heidelberg 1969 P. 105-111.

Voth, D., R. Schipp, M. Agsten. 1969. *Das Verhalten eines spontan aktiven glatten Gefässmuskels in vitro unter dem Einfluss verschiedener Kationen und Pharmaka.* Verhandl. Deutsch. Pharmakol. Ges. Tagung Mainz. März 1969.

Mislin, H. 1963. *Zur Funktionsanalyse des Hilfsherzens (Vena portae) der weissen Maus (Mus musculus f. alba).* Revue Suisse de Zoologie 70, 2 (Nr. 23).

— 1968. *Der Einfluss der Atemgase auf die Tätigkeit der islolierten, autorhythmischen Vena portae der weissen Maus (Mus musculus f. alba).* Revue Suisse de Zoologie, 75, 608-618.